

Straßen, Kanäle und Bahnanlagen als lineare Strukturen in der Landschaft sowie deren Bedeutung für die Vegetation*)

– Dietmar Brandes und Friedrich Oppermann, Braunschweig –

Abstract

Within the intensively used agricultural landscape many common species as such are nowadays restrained to linear structures like railway embankments or roadsides. Regionally linear structures have got an important function for the maintenance of the regional species diversity. Linear structure of high age may be growing places for rare and little moving plants; but these structures are indeed no compensation for near-natural ecosystems, the more so as they themselves are endangered.

Roadsides and railways contribute to the spreading of species especially when they are built, because the today's technical possibilities allow earth movements of unexpected dimensions. A moving distinctly along the linear structure is only possible, if there are additional possibilities of establishing, at least for pioneer species. Precondition is, however, an open respectively disturbed vegetation cover.

From the geobotanical point of view, the netting functions of linear structures are of low importance, especially in relation to the neighbouring ecosystems. Roadsides first of all are netting roadsides, nothing more, but also nothing less.

Investigations should be done to the following aspects:

- Influence of the age of linear structures to the species diversity.
- Efficiency of surviving of endangered plant species.
- Effects of the unfavorable ratio circumference : area.
- Experimental investigations of spreading phenomena.
- Importance of linear structures to the vegetation of other continents than Europe.

This however doesn't mean, that the object of investigation „linear structures“ will be finally delt with, because of innovations in the traffic technics habitat conditions and species combinations will change.

1. Einleitung

Lineare Strukturen wie Straßen, Autobahnen, Feld- und Waldwege, Bahnlinien sowie Kanäle prägen nicht nur das dicht besiedelte und hochindustrialisierte Mitteleuropa, sondern haben inzwischen weltweite Bedeutung erlangt (MADER 1990). Vor allem für tierische Organismen stellen sie zunächst einmal ein Mobilitätshindernis dar und wirken dementsprechend als Barrieren. Es gilt das Schlagwort von der „Zerschneidung der Landschaft“. Andererseits wird in der Literatur jedoch in zunehmendem Maße auf Korridor- und Vernetzungsfunktionen

* Gefördert mit Forschungsmitteln des Landes Niedersachsen.

hingewiesen. Um die Bedeutung der linearen Strukturen aus geobotanischer Sicht beurteilen zu können, müssen die folgenden Fragen für die einzelnen Strukturen geklärt werden:

- (1.) Welches Arten- und Gesellschaftsinventar haben lineare Strukturen?
- (2.) Welche Rolle spielen die linearen Strukturen lokal und regional für die Erhaltung der Biodiversität? Gibt es Pflanzenarten bzw. Gesellschaften, die hier den Schwerpunkt ihres Vorkommens haben?
- (3.) Welche Rolle spielen die linearen Strukturen für die Ausbreitung bzw. Wanderung von Pflanzen?
- (4.) Tragen lineare Strukturen aus botanischer Sicht zur Vernetzung von Lebensräumen bei?
- (5.) Welche Möglichkeiten gibt es zur Revitalisierung von linearen Strukturen?

2. Artenreichtum von linearen Strukturen und seine Erfassung

Trotz aller bisherigen Untersuchungen ist der Artenreichtum linearer Strukturen nur unzureichend belegt. Um endlich aus diesem Stadium herauszukommen, haben wir im Rahmen eines vom Lande Niedersachsen geförderten Forschungsprogramms den Schwerpunkt auf die Gewinnung quantitativer Daten gelegt. Abb. 1 zeigt, daß insbesondere Waldwege und ehemalige Bahntrassen einen hohen Artenreichtum aufweisen (aufweisen können), während der Anstieg der Artenzahl mit der Länge der Struktur bei Straßen in der Regel bereits auf einem niedrigeren Niveau abflacht.

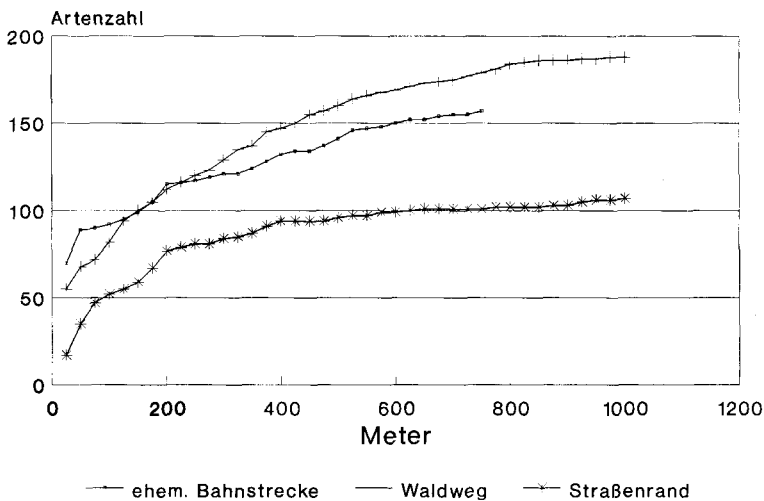


Abb. 1: Artenzahlen von ausgewählten linearen Strukturen in Abhängigkeit von der Länge der untersuchten Struktur. Die einzelnen Abschnitte sind jeweils 25 m lang.

Die Artenzahlen allein sind jedoch nicht so aussagekräftig, da es natürlich auf das Verhältnis zur Umgebung ankommt. Deshalb wurde auf 8 möglichst gleichartig genutzten Flächen der Größe von 1 km² sowohl die Gesamtzahl der Gefäßpflanzen als auch die Anzahl der Arten, die nur in linearen Strukturen vorkommen, ermittelt. Alle Flächen liegen im nördlichen Harzvorland Niedersachsens, 4 in Wäldern des Fagion, 4 in der intensiv genutzten Ackerlandschaft. Tab. 1 zeigt, daß selbst in Waldflächen zwischen 82 und 91 % aller Arten auch in linearen Strukturen vorkommen, daß zwischen 22 und 42 % der Arten jedoch nur in linearen Strukturen vorkommen. Erwartungsgemäß ist die Bedeutung linearer Strukturen in der Ackerlandschaft noch wesentlich größer: in ihnen finden sich bis zu 97 % des Artenin-

ventars; mehr als die Hälfte der Arten sind auf Straßen-, Feldweg- und Grabenränder beschränkt (Tab. 2). Damit dürfte die Bedeutung linearer Strukturen in der ausgeräumten Agrarlandschaft eindrucksvoll belegt sein. Über die zum Überleben notwendige Populationsgröße der Arten kann derzeit noch keine Aussage gemacht werden.

Tab. 1: Artenzahlen von vier 1 km²-Flächen in Wäldern des nördlichen Harzvorlandes.

Lage der Fläche	TK 3829/3/12	TK 3831/4/1	TK 3928/3/9	TK 3929/1/2
Flächenanteil der linearen Strukturen	2,9 %	3,4 %	2,3 %	4,1 %
Artenzahl insgesamt	225 (100 %)	288 (100 %)	310 (100 %)	310 (100 %)
Arten in flächigen Strukturen	170 (75,6 %)	167 (58,0 %)	237 (76,5 %)	242 (78,1 %)
Arten, die nur in flächigen Strukturen vorkommen	41 (18,2 %)	25 (8,7 %)	51 (16,5 %)	53 (17,1 %)
Arten linearer Strukturen	184 (81,8 %)	263 (91,3 %)	259 (83,5 %)	257 (82,9 %)
Arten, die nur in linearen Strukturen vorkommen	55 (24,4 %)	121 (42,0 %)	73 (23,5 %)	68 (21,9 %)

Tab. 2: Artenzahlen von vier 1 m²-Flächen in der intensiv genutzten Agrarlandschaft des nördlichen Harzvorlande.

Lage der Fläche	TK 3830/2/7 + 8	TK 3930/1/12	TK 3831/3/12	TK 3930/1/1
Flächenanteil der linearen Strukturen	2,7 %	5,5 %	3,7 %	5,1 %
Kleinflächige Gehölzpflanzungen	-	-	+	+
Artenzahl insgesamt	187 (100 %)	188 (100 %)	175 (100 %)	207 (100 %)
Arten in flächigen Strukturen	57 (30,5 %)	59 (31,4 %)	78 (44,6 %)	95 (45,9 %)
Arten, die nur in flächigen Strukturen vorkommen	6 (3,2 %)	5 (2,7 %)	15 (8,6 %)	27 (13,0 %)
Arten linearer Strukturen	181 (96,8 %)	183 (97,3 %)	160 (91,4 %)	180 (87,0 %)
Arten, die nur in linearen Strukturen vorkommen	130 (69,6 %)	129 (68,6 %)	97 (55,4 %)	112 (54,1 %)

Die vollständige Erfassung des Arteninventars einer gegebenen linearen Struktur (Bahnlinie, Kanal usw.) ist so zeitaufwendig, daß sie nur in Einzelfällen erfolgen kann. Einzelbeispiele taugen jedoch nicht zur Verallgemeinerung und nicht zum Vergleich, weswegen wir uns für das in Abb. 2 dargestellte Verfahren entschieden haben. Es ist ein bewußt einfaches, aber deswegen auch durchführbares Verfahren, das Häufigkeitsverteilungen liefert und den Vergleich von Abschnitten ein und derselben Struktur erlaubt. Mit Hilfe einer der Pflanzensoziologie entlehnten Tabellenmethode ergeben sich Leitarten der einzelnen Abschnitte, mit einer Clusteranalyse lassen sich Ähnlichkeiten darstellen. Ebenso ist auch ein Vergleich der Arteninventare bzw. Frequenzen der einzelnen Taxa von verschiedenen linearen Strukturen wie Straßenrändern, Grabenrändern und Eisenbahnböschungen untereinander möglich. Schließlich erlaubt unser Verfahren auch ein Langzeit-Monitoring, z. B. um die Dynamik der Flora zu erfassen.

3. Straßenrandflächen

Am Beispiel der Straßenrandflächen sollen die eingangs aufgeworfenen Fragen ausführlich diskutiert werden, während dies für die anderen linearen Strukturen aus Platzgründen nicht möglich ist.

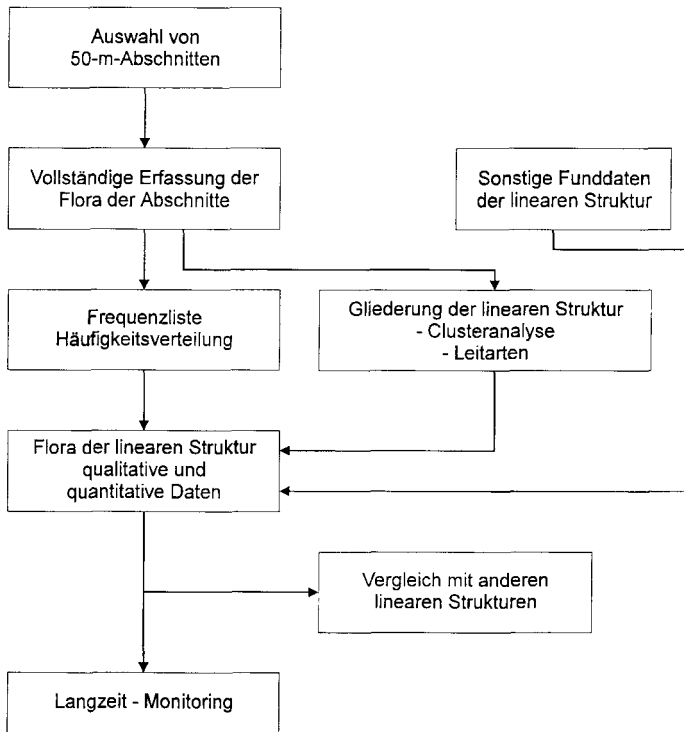


Abb. 2.: Ablaufschema zur Erfassung des Arteninventars linearer Strukturen.

3.1 Aspekte der angewandten Pflanzensoziologie

Im Bewußtsein der Bevölkerung sind Gehölze der wichtigste Bestandteil des straßenbegleitenden Grüns. Straßenbäume dienen der Einbindung in die Landschaft, aber auch der optischen Führung des Autofahrers. Böschungsbepflanzungen haben wichtige Funktionen für den Sicht-, Lärm- und Immissionsschutz. Den landschaftsprägenden Alleen nahm sich der Natur- und Landschaftsschutz schon früh an, leider ohne durchschlagenden Erfolg. So fielen die für klimatisch begünstigte Hügellandschaften charakteristischen Obstbaumalleen während der 60er und 70er Jahre dem Straßenausbau in der alten Bundesrepublik zum Opfer. Es muß daher unser Ziel sein, die Alleen im östlichen Deutschland zu erhalten, die Eichenalleen im Nordosten ebenso wie die Obstbaumchausseen in der mitteldeutschen Ackerlandschaft (vgl. z. B. HEINRICH et al. 1994).

Das botanische Interesse an den Straßenrändern konzentrierte sich lange auf Fragen der angewandten Pflanzensoziologie, wie etwa die Auswahl standortgerechter einheimischer Gehölze. Etwa seit Mitte der 30er Jahre wurden unter Leitung von Reinhold TÜXEN „pflanzensoziologische Spezialkarten“ entwickelt, die als Grundlage für die Auswahl von standortgemäßen und landschaftsgebundenen Bäumen und Sträuchern als lebendigem Baustoff an Straßen, Autobahnen, Kanälen und Eisenbahnen dienten. Die ersten Bepflanzungsvorschläge aus pflanzensoziologischer Sicht wurden noch vor dem 2. Weltkrieg beim Bau der Autobahn unter Leitung von Alwin SEIFERT realisiert. Die Dissertation des letzten TÜXEN-Preisträgers Ernst PREISING beschäftigte sich bereits 1940 mit der Aufstellung von Rasenmischungen nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten für die Autobahnen. 1958 wurde zum Thema „Baum und Landschaft“ eine wichtige Tagung in Stolzenau abgehalten, die sich überwiegend mit

straßenbegleitenden Gehölzpflanzungen beschäftigte. In den 60er und 70er Jahren standen nach KRAUSE (1982) Ansaatmischungen für niedrig bleibende, aufwuchsarme Rasen im Vordergrund der Forschung (z. B. LOHMEYER 1968; RÜMLER 1974; TRAUTMANN & LOHMEYER 1975).

3.2 Arten- und Gesellschaftsinventar der Straßenrandflächen

Auf die spontan auftretende Flora und Vegetation von Straßenrandflächen wandte sich das Forschungsinteresse zuerst in den Niederlanden (WESTHOFF & ZONDERWIJK 1960), in Großbritannien (PERRING 1969, WAY 1969) und in Dänemark (HANSEN & JENSEN 1972). Sehr eingehend und vorbildlich wurden die Straßenränder dann in der ČSSR (KOPCEKÝ 1978a, 1978b; KOPCEKÝ & HEJNÝ 1978) bearbeitet. Ende der 70er Jahre begann die intensive Untersuchung der Straßenrandflächen in Deutschland (z. B. ELLENBERG, MÖLLER & STOTTELE 1981; ELLENBERG & STOTTELE 1984; STOTTELE & SCHMIDT 1988; ULLMANN & HEINDL 1986 u. 1989; BERG & MAHN 1990; MEDERAKE 1991).

Eingangs wurde schon auf den großen Artenreichtum auch der Straßenränder hingewiesen. SYKORA et al. (1993) konnten für die Niederlande zeigen, daß immerhin die Hälfte der Flora



Abb. 3: *Salvia nemorosa* L. an einem Straßenrand im niederösterreichischen Weinviertel.

des Landes an den Straßenrändern vorkommt; hauptsächlich allerdings die häufigeren Arten. Die Auswertung von 2552 pflanzensoziologischen Aufnahmen von Straßenrändern aus dem gesamten Gebiet der Niederlande ergab 69 Pflanzengesellschaften, die 13 verschiedenen Klassen zuzuordnen waren. Viele Pflanzengesellschaften sind nur fragmentarisch entwickelt, so daß folgerichtig die deduktive Methode von KOPECKÝ & HEJNÝ (1978) eingesetzt wurde.

Die Zonierung der Straßenränder in Mittel- und Westeuropa sei kurz erläutert: unmittelbar an die Fahrbahndecke grenzt der „Randstreifen“, an dessen innerem, stark gestörten Rande sich nur wenige Therophyten und niedrigwüchsige Pflanzen etablieren können. Hieran schließt sich in collin-submontanen Kalk- oder Lehmgebieten häufig ein schmales *Cichorium intybus*-Band an. Die Pflanzengesellschaften der gemähten Bankette und Böschungen gehören in Mitteleuropa ebenso wie im angrenzenden Westeuropa meist zur Ordnung *Arrhenatheretalia*. Standortfremde eingesäte Arten verschwinden in der Regel rasch. Die Vegetation flacher Straßengräben gehört entweder ebenfalls zur Ordnung *Arrhenatheretalia* oder aber zu verschiedensten *Artemisietea*-Gesellschaften. In zumindest zeitweise wasserführenden Straßengräben ist das *Convolvulo-Epilobietum hirsuti* häufig anzutreffen.

Die Pflanzengesellschaften der gemähten Bankette und Straßenböschungen spiegeln die Wuchslandschaft sehr gut wider. Zur geographischen und ökologischen Differenzierung der Straßenrand-begleitenden Rasengesellschaften vgl. BRANDES (1987) und ULLMANN & HEINDL (1989). In dem Maße, wie das Klima trockener und sommerwärmer wird, werden die Straßenränder lückiger und bunter. Arten der *Festuco-Brometea*, *Agropyretea* und *Onopordetalia* spielen eine zunehmend gewichtigere Rolle. Man kann dieses sehr gut studieren, wenn man

Höhenlage ü. NN [m]	< 100	180 - 280	380 - 550	600 - 700	900 - 1000
<i>Heliotropium ramossimum</i>	●				
<i>Setaria adhaerens</i>	●	•			
<i>Datura innoxia</i>	•	●			
<i>Pennisetum setaceum</i>	•	•	●	•	
<i>Forskohlea angustifolia</i>	●	●	●		
<i>Eragrostis barrelieri</i>	●	●	•		
<i>Cenchrus ciliaris</i>	•	●	●	●	
<i>Hyparrhenia hirta</i>	•	●	●	●	
<i>Hirschfeldia incana</i>	●	•	•	•	•
<i>Bidens pilosa</i>	•	●	●	●	•
<i>Echium plantagineum</i>	•	•	•	•	●
<i>Foeniculum vulgare</i>		•	•	●	•
<i>Psoralea bituminosa</i>		•	●	●	●
<i>Silene vulgaris</i>					●
<i>Pericallis papyracea</i>					•
<i>Lathyrus articulatus</i>					•

Abb. 4: Vertikale Gliederung der Straßenrandvegetation auf La Palma (Westhälfte der Insel; außerhalb der Ortschaften).

vom atlantischen Europa aus in eines der zentraleuropäischen Trockengebiete fährt. Im westpannonischen Raum fällt insbesondere *Salvia nemorosa* ins Auge (BRANDES 1985; RAABE & BRANDES 1988).

Ebenso zeigt sich eine deutliche Differenzierung der Straßenrandvegetation als Funktion der Meereshöhe (z. B. KOPECKÝ 1978b). Die vertikale Gliederung der Straßenrandvegetation sei am Beispiel der Westhälfte der Kanareninsel La Palma dargestellt (Abb. 4). Das ostafrikanisch-westasiatische Gras *Pennisetum setaceum* hat sich in den letzten 15 – 20 Jahren stark auf einigen Kanareninseln ausgebreitet. Tab. 3 zeigt die Artenzusammensetzung von *Pennisetum setaceum*-dominierten Straßenrändern auf La Palma.

Tab. 3: Vergesellschaftung von *Pennisetum setaceum* an Straßenrändern von La Palma.

Nummer der Aufnahme	1	2	3	4	5	6	7	8
Höhe ü. d. Meer (m)	420	410	400	460	660	660	660	660
Fläche (m ²)	50	60	200	30	25	80	50	50
Vegetationsbedeckung (%)	85	60	25	98	95	70	50	50
Artenzahl	12	15	12	10	9	7	12	10
<hr/>								
<i>Pennisetum setaceum</i>	2.2	4.4	3.3	4.4	4.4	4.3	3.3	3.3
<u>Sonstige Synanthrope:</u>								
<i>Hyparrhenia hirta</i>	3.2	1.2	1.2	+2	1.2	1.2	.	.
<i>Foeniculum vulgare</i>	1.1	+	.	.	1.1	.	+	+
<i>Mercurialis annua</i>	1?2	+?2	+	.	+	.	.	+
<i>Nicotiana glauca</i>	.	2.1	+	.	1.1	.	1.1	2.1
<i>Psoralea bituminosa</i>	1.1	+	+	1.1	2.2	.	.	.
<i>Galactites tomentosa</i>	1.1	.	.	.	r	.	+	+
<i>Cenchrus ciliaris</i>	2.2	1.2	1.1	2.2	.	.	.	.
<i>Opuntia ficus-barbarica</i>	.	+	.	.	2.1	1.1	+	.
<i>Bidens pilosa</i>	1.2	.	.	1.2	.	.	.	.
<i>Achyranthes aspera</i>	+	.	.	+	.	.	.	.
<i>Agave americana</i>	.	+	.	1.1	.	.	.	.
<i>Echium plantagineum</i>	.	.	.	.	.	.	1?1	1.1
<i>Hirschfeldia incana</i>	.	.	.	.	.	.	r	+
<i>Phagnalon saxatile</i>	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Antirrhinum majus</i>	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Amaranthus spec.</i>	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Erodium chium</i>	.	.	1?2	.	.	.	.	.
<i>Glaucium flavum</i>	.	.	1.1	.	.	.	.	.
<i>Eragrostis barrelieri</i>	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Ricinus communis</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Marrubium vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Conyza bonariensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	r
<u>Kanarische Florenelemente:</u>								
<i>Forskohlea angustifolia</i>	1.1	1.1	1.1	1.1	.	1?1	1.1	1.1
<i>Rumex lunaria</i>	1.1	.	1.1	.	1.1	2.1	1.1	.
<i>Kleinia nerifolia</i>	+	.	+	+	.	.	.	.
<i>Salvia canariensis</i>	.	1.2	.	.	.	.	.	.
<i>Argyranthemum spec.</i>	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Schizogyne sericea</i>	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Bystropogon canariensis</i>	.	.	.	.	.	2.2	.	.
<i>Micromeria herpyllimorpha</i>	.	.	.	.	.	1.1	1?1	.

3.3 Gibt es nun Arten, die auf Straßenränder zu ihrer Erhaltung angewiesen sein könnten?

Empfindliche, auf Nährstoff- und Schadstoffarmut angewiesene Pflanzen dürften im Randbereich der meisten Straßen nur eine geringe Lebenschance haben. Eingehende Untersuchungen hierüber stehen jedoch noch aus.

Pulicaria dysenterica stellt ein interessantes Beispiel für eine Art dar, deren Schutz regional wohl nur über die Erhaltung linearer Strukturen möglich ist. Ihre Vorkommen in Niedersachsen häufen sich eindeutig im Bereich der Börden und hier wiederum in Straßengraben und anderen linearen Strukturen.



Abb. 5: *Pennisetum setaceum* ssp. *orientale* (Rich.) Maire, die auffälligste Art der Straßenränder auf La Palma. Aufnahmen Nr. 1-4 außerhalb von Ortschaften, Nr. 5-8 in El Paso.

Abb. 6: *Verbascum macrurum* Ten. an einem Straßenrand auf Korfu.



Fast unbemerkt wurden Straßen- und Feldwegränder ebenso wie Eisenbahndämme zu den wichtigen Wuchsorten von zweijährigen Pflanzenarten, die in der Naturlandschaft v. a. im Uferbereich der Flüsse, also auch in linearen Strukturen, beheimatet waren. Die Bedeutung als Habitat für die biennen Arten steigt in dem Maße an, wie dörfliche Ruderalfluren und herkömmliche Müllkippen verschwinden. Als Arten sind hier u. a. zu nennen: *Arctium tomentosum*, *Carduus acanthoides*, *Carduus nutans*, *Dipsacus fullonum*, *Onopordum acanthium*, *Reseda luteola* sowie *Verbascum densiflorum*, *Verbascum lychnitis*, *Verbascum phlomoides* und *Verbascum nigrum*. *Dianthus armeria* hat ebenfalls den Schwerpunkt seines Vorkommens an Straßenrändern. Auch im Mittelmeerraum häufen sich zweijährige Arten eindeutig an Straßenrändern. Auf Korfu bzw. Kreta finden sich u. a. an Straßen:

Anchusa undulata ssp. *hybrida*
Cirsium creticum
Cynoglossum creticum
Daucus carota
Echium creticum
Echium italicum
Echium plantagineum
Foeniculum vulgare
Galactites tomentosa

Hirschfeldia incana
Lavatera arborea
Malva sylvestris
Onopordon illyricum
Onopordon tauricum
Silybum marianum
Verbascum macrurum
Verbascum sinuatum

3.4 Welche Rolle spielen Straßenränder für die Ausbreitung bzw. Wanderung von Pflanzen?

Die Bedeutung der Straßenränder für die Ausbreitung von Pflanzenarten wird seit mehr als 20 Jahren intensiv untersucht. Bereits 1931 schuf DOMIN den Begriff der „viatischen Migration von Pflanzen“. Die Ausbreitung der Pflanzen kann anemochor, rypochor oder agestochor erfolgen. Hierzu zwei Beispiele:

1. Die Ausbreitung von Pflanzen in klimatisch ungünstigere Regionen insbesondere von Gebirgen. KOPECKÝ (1988a) nennt aus Böhmen Arten wie: *Coronilla varia*, *Conyza canadensis*, *Crepis biennis*, *Daucus carota*, *Melilotus alba*, *Melilotus officinalis*, *Verbascum nigrum*.
2. Eine „bandförmige“ Verbreitung zeigen Arten, die in vielen Gebieten weitgehend auf Verkehrswege beschränkt bleiben, wie z. B. *Puccinellia distans*, *Cichorium intybus*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Geranium pratense*, *Poa humilis*, *Rumex thyrsiflorus*, *Salvia nemorosa* oder *Cardaria draba*.

Infolge des Gebrauchs von Auftausalzen konnten sich außer *Puccinellia distans* weitere salztolerante Arten entlang der Straßen und Autobahnen ausbreiten. Hier sind u. a. *Hordeum jubatum* (Abb. 7), eine als Ziergras eingeführte nordamerikanische Präriepflanze, sowie *Cochlearia danica* zu nennen. Die Ausbreitung von *Cochlearia danica* entlang einiger nordwestdeutscher Autobahnstrecken ist zumindest teilweise auf die Verwendung von Mulchgut, das aus dem Treibsel der Nordseeküste gewonnen wurde, zurückzuführen.

Das bandförmige Verbreitungsmuster kann am einfachsten durch die Annahme einer Wanderung erklärt werden, die jedoch kaum direkt beobachtet wurde. Deshalb haben wir an einigen Bundesstraßen ein Netz von Dauerbeobachtungsflächen installiert, um wenigstens zukünftige Wanderungen auch quantitativ erfassen zu können.

Gute Möglichkeiten zur „viatischen Migration“, also zur Ausbreitung entlang der Straßenränder sind heute – entsprechenden Diasporeninput vorausgesetzt – nur dort zu erwarten, wo



Abb. 7: *Hordeum jubatum* L. an einem Straßenrand bei Salzgitter.

die Vegetationsdecke der Straßenrandflächen infolge anthropogener, standörtlicher und/oder klimatischer Einflüsse lückig wird. Dies ist z. B. unmittelbar am Rand der Fahrbahndecke möglich. Wandernde Arten sind hier z. B. *Matricaria discoidea*, *Matricaria recutita*, *Poa humilis* (Loos 1994) und *Puccinellia distans*. An Störstellen finden kurzlebige Arten auch in der dichten Rasenmatrix der Straßenrandflächen Etablierungsmöglichkeiten. Besonders günstige Wanderungsbedingungen werden durch das gelegentliche Abschieben der Straßenrandflächen geschaffen, wie es in den ostdeutschen Bundesländern früher oft üblich war. Spektakuläres Beispiel einer hierdurch bedingten explosionsartigen Ausbreitung von Therophyten ist *Atriplex oblongifolia*.

Atriplex oblongifolia galt vor 15 Jahren in Deutschland als eine in ihrer Verbreitung weitgehend auf die Trockengebiete begrenzte Art. Unbemerkt hat sie sich in der damaligen DDR entlang der Straßen ausgedehnt. ILLIG berichtete 1985 von der raschen Ausdehnung im Halberstädter Raum, bedingt durch chemische Bekämpfung der Straßenrandvegetation. Bereits 1990 konnten üppige Bestände dieser Art an den meisten Straßen der Altmark sowie im südlichen Mecklenburg gefunden werden (BRANDES 1991a).

An mehreren Fernstraßen war *Atriplex oblongifolia* 1990 bis unmittelbar an die niedersächsische Grenze gelangt. Wir haben die weitere Ausbreitung nach Westen sehr aufmerksam verfolgt: außer einigen punktuellen Vorkommen gelang es der Art nicht, in der dichten Matrix der gemähten Straßenbankette Fuß zu befassen. Eine Ausbreitung nach Westen erfolgte auch bei fast gleichen klimatischen Verhältnissen nicht. Inzwischen sind in Sachsen-Anhalt die großen straßenbegleitenden *Atriplex oblongifolia*-Populationen zusammengebrochen, da die Straßenränder nun mehrmals jährlich maschinell gemäht werden. – Eine ähnlich rasante Ausbreitung zeigt *Atriplex micrantha* seit einigen Jahren auf den Autobahnmittelstreifen in Hessen (SCHNEDLER & BÖNSEL 1989) und nun auch in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt (GRIESE unpubl.).

3.5 Eignen sich Straßenränder als Ersatzbiotope für Magerrasen ?

Untersuchungen von KLEIN (1980) bzw. WEGELIN (1984) in der Schweiz, von ULLMANN & HEINDL (1986) im mainfränkischen Muschelkalkgebiet sowie von JANSSEN (1992) im nördlichen Harzvorland ergaben übereinstimmend, daß die Bedeutung der Straßenränder als Ersatzbiotop für Trockenrasen gering ist.

Straßenböschungen werden von Magerrasenarten höchstens dort besiedelt, wo der Straßenbau vorhandene alte Trockenrasenflächen anschneidet. Tragen Straßen denn wenigstens zur Vernetzung von Trockenrasen bei? Nicht nur in der populären Naturschutzliteratur findet man häufiger Hinweise darauf, daß lineare Strukturen zur Vernetzung von Trockenrasen beitragen, ohne daß hierfür freilich Belege angeführt würden. JANSSEN (1992) hat deswegen die Verbreitung von *Festuco-Brometea*-Arten entlang einer Straße, die vier Trockenrasen im Harzvorland miteinander verbindet, untersucht (Abb. 8).

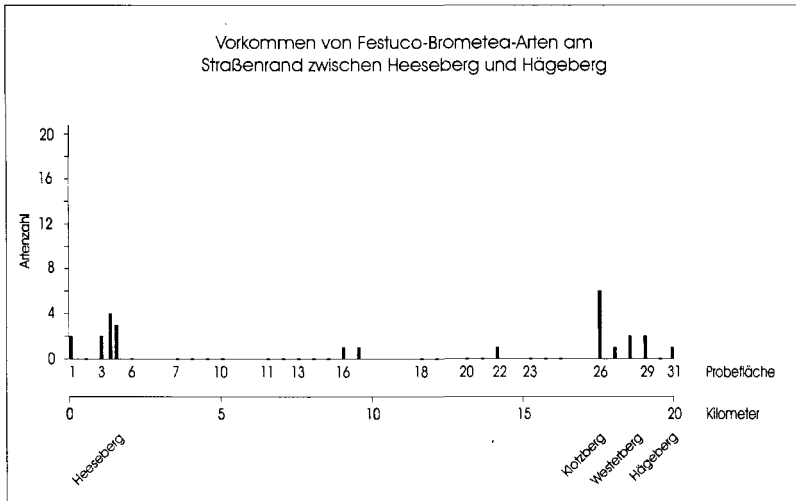


Abb. 8: Vorkommen von *Festuco-Brometea*-Arten entlang einer Straße, die vier alte Halbtrockenrasenflächen im Harzvorland miteinander verbindet (EVERS 1992).

Das Ergebnis zeigt, daß sich praktisch keine Trockenrasenarten an den Straßenrändern zwischen den Trockenrasen finden. Welche Rasenarten wandern überhaupt? Lediglich *Centaurea scabiosa* und *Euphorbia cyparissias*, in begrenztem Maße auch *Salvia pratensis*, *Brachypodium pinnatum*, *Erigeron acris* und *Ranunculus bulbosus*. Diese Arten gehören auch nach den Untersuchungen von ULLMANN & HEINDL (1986) zu den mobilen Arten, ebenso wie *Sanguisorba minor* oder *Pimpinella saxifraga*. Die Zuwanderung erfolgt in der Regel von den an den Straßenrand direkt angrenzenden Flächen, kaum durch Längswanderung entlang der Böschungen (ULLMANN & HEINDL 1986).

4. Feld- und Waldwegränder

Alte und noch nicht „ausgeräumte“ Feldwege stellen insbesondere im Hügelland sehr artenreiche Strukturen dar. Die offene Grasnarbe bietet wichtige Wuchsorte für bedrohte Trockenrasen-, Saum-, Ruderal- und Segetalarten. In Tab. 4 sind die Pflanzengesellschaften der Feldwegränder des Ostbraunschweigischen Hügellandes zusammengestellt. Besonders interessant sind alte Lößhohlwege (Kaiserstuhl: FISCHER 1982; Weinviertel: BRANDES 1989b)

sowie alte Weinbergswegen. Nur noch in wenigen Gebieten Mitteleuropas werden die Feldwege von Hecken bzw. Baumreihen begleitet, die die Nischenvielfalt nicht nur für Vögel erhöhen. Zahlreiche krautige Arten können sich im Schutz der Gehölze insbesondere bei breiten Wegrändern halten. In diesem Zusammenhang sei nur auf den interessanten Geophytenbestand alter Feldalleen hingewiesen (z. B. *Gagea pratensis*, *Ornithogalum umbellatum*).

Tab. 4: Pflanzengesellschaften der Feldwegränder des Ostbraunschweigischen Hügellandes.

<p>Befahrene und betretene Bereiche:</p> <p><i>Plantago major</i>-<i>Lolium perenne</i>-Gesellschaft, Ausb. v. <i>Potentilla anserina</i> (frische bis feuchte Böden), Ausb. mit <i>Cichorium intybus</i> (auf Kalk). Auf stärker befahrenen Bereichen: <i>Polygono</i>-<i>Matricarietum</i> (sehr häufig), <i>Poo</i>-<i>Coronopetum</i> (selten).</p>	
<p>Feldwegränder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eben, gemäht: Bg. <i>Arrhenatherum elatius</i>-[<i>Arrhenatheretalia</i>], ("Matrix", in die die anderen Pflanzengesellschaften eingelagert sind). - Böschungen: Bg. <i>Arrhenatherum elatius</i>-[<i>Arrhenatheretalia</i>], z.T. mit Saum- oder Trockenrasenarten, auch mit <i>Echinops sphaerocephalus</i>; Bg. <i>Agropyron repens</i>-[<i>Agropyretalia</i>], <i>Convolvulo</i>-<i>Agropyretum</i> (Ackerböschungen). - Störungsstellen: <i>Arctium tomentosum</i>-Feldrandgesellschaft; <i>Stellarietea</i>-Bestände [<i>Sisymbrium</i>-Fragmente, <i>Agropyro</i>-<i>Descurainietum</i>, <i>Atriplicetum nitentis</i>]; <i>Chenopodietum boni-henrici</i> (selten), <i>Carduus acanthoides</i>-Wegrandgesellschaft, <i>Onopordetum acanthii</i> (selten). - Lesesteinhaufen: <i>Cynoglossum officinale</i>-Gesellschaft. 	
<p>Gräben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - trocken: <i>Urtica dioica</i>-Herden, <i>Anthriscus sylvestris</i>-Bestände, <i>Dipsacus fullonum</i>-Gesellschaft, <i>Urtico</i>-<i>Cruciatetum</i> (auf Muschelkalk). - (zeitweise) wasserführend: <i>Phragmites communis</i>-Bestände, <i>Pulicaria dysenterica</i>-Gesellschaft, <i>Epilobio hirsuti</i>-<i>Convolvuletum</i>. 	
<p>Gebüsche und Säume:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebüsche: <i>Prunetalia</i>-Gebüsche, v.a. mit <i>Prunus spinosa</i>, <i>Rosa canina</i>, <i>Sambucus nigra</i>, <i>Crataegus laevigata</i> agg., <i>Rhamnus cathartica</i>. - Säume: v.a. nitrophile Säume: großflächige <i>Galium aparine</i>-Schleier, <i>Lathyrus tuberosus</i>-<i>Vicia tetrasperma</i>-Gesellschaft. <i>Trifolio</i>-<i>Agrimonetum</i>, <i>Vicia tenuifolia</i>-Gesellschaft. 	
<p>Äußerer Feldrand: <i>Convolvulo</i>-<i>Agropyron</i>, <i>Bromus sterilis</i>-Gesellschaft. Anreicherung von bedrohten Segetalpflanzen nur auf flachgründigen Rendzinen.</p>	

In der intensiv genutzten Agrarlandschaft haben neu gepflanzte Hecken zweifellos ihre landschaftsökologische Bedeutung, tragen aber – zumindest in den ersten 50 Jahren – kaum zu einer „botanischen Vernetzung“ bei. Für die erwünschten thermophilen Saum- und Halb-

trockenrasenarten gibt es ebensowenig Möglichkeiten zur Einwanderung wie für krautige Waldpflanzen. Auch Heckenverpflanzungen ergeben keine sinnvollen Ergebnisse, da sich nach der Verpflanzung triviale Saumgesellschaften wie z. B. das *Urtico-Aegopodietum* infolge verstärkter Stickstoffmineralisierung zu Lasten anderer Saumgesellschaften durchsetzen (vgl. MILBRADT 1994).

An alten und zugleich genügend breiten Waldwegen finden einige Saumarten gebietsweise ihre letzten Wuchsplätze, da die äußeren Waldränder infolge der unmittelbar angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen längst als Wuchsorte ausgefallen sind. Dies gilt etwa für das seltene und wenig mobile *Sisymbrium strictissimum*, das an Waldwegen oft seine größte Vitalität erreicht (BRANDES 1991b). Im nördlichen Harzvorland kommt alten Waldwegen einige Bedeutung bei der Erhaltung von Vorposten seltener *Trifolio-Geranietea*-Arten wie *Dictamnus albus*, *Geranium sanguineum*, *Lathyrus niger*, *Vicia dumetorum* und *Vicia sylvatica* zu. Infolge des Vorkommens zahlreicher Spätblüher sind alte Waldwegränder auch wichtiger Lebensraum für blütenbesuchende Insekten.

5. Eisenbahnanlagen

Da die Vegetation von Bahnhöfen bereits ausgiebig dargestellt wurde (BRANDES 1983 u. 1993), kann hier eine Beschränkung auf die freie Bahnstrecke erfolgen. Eisenbahntrassen sind im Gegensatz zu Straßen reicher an Strukturen und damit auch an Arten. Eine „typische“ Böschungsvegetation gibt es in Mitteleuropa nicht, es spiegelt sich in ihr vielmehr die jeweilige Flora der Umgebung wider. In der planar-collinen Höhenstufe sind es vor allem *Arrhenatheretalia*-Gesellschaften (ruderaler Glatthaferwiesen), Staudenfluren der *Artemisietea* (häufig mit Dominanz von *Tanacetum vulgare* oder *Solidago canadensis*), *Prunetalia*-Gebüsche sowie Robinien-Gehölze. An alten Eisenbahnböschungen können sich *Festuco-Brometea*-Rasen (z. B. KLEIN 1982) ebenso entwickeln wie z. B. *Festuco-Sedetalia*-Gesellschaften. Brückenbauwerke und Stützmauern stellen oft interessante Sonderstandorte dar (BRANDES 1993). *Anthemis tinctoria* sei hier als häufige Böschungsart genannt.

Tab. 5: Typische Arten von Eisenbahndämmen im nördlichen Harzvorland Niedersachsens und Sachsen-Anhalts.

<i>Anchusa officinalis</i>	<i>Knautia arvensis</i>
<i>Anthemis tinctoria</i>	<i>Lathyrus sylvestris</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Lepidium campestre</i>
<i>Artemisia campestris</i>	<i>Medicago x varia</i>
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Melilotus alba</i>
<i>Berteroa incana</i>	<i>Melilotus officinalis</i>
<i>Bromus inermis</i>	<i>Nonoa pulla</i>
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	<i>Oenothera biennis</i>
<i>Carduus acanthoides</i>	<i>Papaver rhoeas</i>
<i>Carex hirta</i>	<i>Pastinaca sativa</i>
<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Poa compressa</i>
<i>Chaenarrhinum minus</i>	<i>Potentilla recta</i>
<i>Coronilla varia</i>	<i>Reseda lutea</i>
<i>Crepis foetida</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	<i>Rumex thyrsiflorus</i>
<i>Erysimum hieracifolium</i>	<i>Saponaria officinalis</i>
<i>Euphorbia virgata</i>	<i>Sedum acre</i>
<i>Falcaria vulgaris</i>	<i>Solidago canadensis</i>
<i>Hieracium cymosum</i>	<i>Tragopogon orientalis</i>
<i>Hieracium piloselloides</i>	<i>Verbascum densiflorum</i>
<i>Iris germanica</i>	<i>Verbascum thapsus</i>
<i>Kochia scoparia</i>	<i>Vicia tetrasperma</i>

Stillgelegte Eisenbahnanlagen sind häufig von besonderem geobotanischen Interesse (z. B. MOHR 1987); sie stellen wichtige Refugien für zahlreiche bedrohte Pflanzenarten dar. Auf Bahnsteigen und Ladestraßen verläuft die Sukzession über (ruderales) Magerrasen, wobei eine Gehölzentwicklung oft nur verspätet bzw. inselartig auftritt. Die Besiedlung des feinerdearmen Schotterts erfolgt ebenfalls recht langsam, insbesondere dann, wenn der Diasporeneintrag aus der Umgebung gering ist.

Die Bedeutung der „Eisenbahn als Verbreitungsmittel von Pflanzen“ wurde bereits 1883 von HOLLER erkannt. Bahnhöfe sind Einfallstore adventiver Arten, sie stellen Habitatsinseln und gleichzeitig Ausbreitungszentren dar (BRANDES 1983 u. 1993). Wie erfolgt nun die Wanderung entlang der Eisenbahnlinien?

In der Regel erfolgt sie mit den Zügen von Bahnhof zu Bahnhof, also sprunghaft. Eine spätere Auffüllung größerer Lücken ist denkbar. Nur sehr wenige Arten wandern in Form eines zusammenhängenden Bandes entlang der Strecke. Zu ihnen gehört *Senecio inaequidens*, der sich derzeit noch ostwärts ausdehnt.



Abb. 9: *Kochia scoparia* ssp. *densiflora* (Turcz.) Aell.

Infolge andersartiger Herbizidanwendung durch die Deutsche Reichsbahn konnten sich entlang vieler Strecken zwischen Gleisbett und Böschung schmale, nur von Therophyten besiedelbare Streifen entwickeln. Vom Fahrtwind begünstigt, wanderten in diesen Streifen

Amaranthus retroflexus, *Salsola ruthenica* und *Kochia scoparia* ssp. *densiflora* (Abb. 9) schnell über große Entfernungen. Heute erfolgt der Transport der Arten hauptsächlich agestochor, sogar mit dem Bremssand (!) der Triebfahrzeuge.

Die Ausbreitung entlang der Bahnlinien, die sog. „ferroviatische Migration“, erfolgt in der Regel in kältere und klimatisch ungünstigere Gebiete, nicht umgekehrt. Eisenbahnlinien vernetzen Bahnhöfe bzw. deren Flora, nicht mehr, aber auch nicht weniger.

Die bisherige Charakteristik der Eisenbahnvegetation gilt für das nemorale Europa (vgl. auch KOSTER 1984, 1987). Je weiter man nach Süden geht, desto geringer werden die Unterschiede zwischen der Flora von Eisenbahntrassen und derjenigen von Straßen. In Nordafrika gibt es nach unserer bisherigen Erfahrung keine spezifische „Eisenbahnvegetation“ mehr.

6. Grenzbefestigungen

Wichtige lineare Strukturen stellen auch ehemalige Befestigungsanlagen wie die Chinesische Mauer, die Landwehren, die Stadtmauern und neuzeitlichen Fortifikationen (BRANDES 1992) dar. An dieser Stelle soll jedoch nur die geobotanische Bedeutung der Grenzanlagen aus der jüngsten Vergangenheit diskutiert werden. Die Grenzanlagen der ehemaligen DDR konnten erst ab 1990/91 untersucht werden. Infolge ihres raschen Rückbaus gibt es kaum die Möglichkeit, die Sukzession auf ihren Flächen weiter zu verfolgen. Wegen der immer noch vorhandenen Minengefahr liegen lediglich Stichproben vor:

(1) Auf den armen Sandböden im Bereich Ostheide/Altmark entwickelten sich auf dem gepflügten Streifen im Schutz von Kiefernforsten rasch *Calluna vulgaris*-Dominanzbestände, in denen nun *Pinus sylvestris* aufkommt.

(2) In der Lößbörde bzw. im nördlichen Harzvorland (vgl. Abb. 10) dominieren vor allem nitrophile Arten, bei denen wiederum die hohe Anzahl zweijähriger Arten auffällt:

<i>Arctium tomentosum</i>	<i>Echium vulgare</i>
<i>Bunias orientalis</i>	<i>Hyoscyamus niger</i>
<i>Carduus acanthoides</i>	<i>Malva sylvestris</i>
<i>Carduus crispus</i>	<i>Nonea pulla</i>
<i>Cirsium vulgare</i>	<i>Reseda lutea</i>
<i>Cynoglossum officinale</i>	<i>Reseda luteola</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Dipsacus fullonum</i>	

Unmittelbar an der Innenseite des Metallgitterzaunes fanden sich 1990/91 lediglich *Sedum acre*-Dominanzbestände, was auf früheren Herbizideinsatz hindeutet. Im Bereich der Betonplattenwege waren v. a. *Geranium columbinum*, *Fragaria vesca*, *Inula conyzia* und *Carduus acanthoides* die wichtigsten Pionierpflanzen. Die Sukzession führt zu *Sambucus nigra*-*Clematis vitalba*-Gebüsch.

(3) Im Oberharz konnten sich auf offenen Böden im Bereich der demontierten Grenzbefestigungsanlagen interessante Pteridophyten etablieren (HERDAM 1993 u.1994), von denen *Diphasiastrum alpinum*, *D. issleri* und *D. zeilleri* durchaus erwähnenswert sind.

Als wesentlich dauerhafter haben sich Hypotheken einer etwas weiter zurückliegenden Epoche erwiesen: Über eine Länge von 400 km erstrecken sich von Aachen bis Basel Panzersperren und Bunkerruinen des sog. „Westwalls“. Erste geobotanische und ökologische Untersuchungen wurden von BRAUN (1986) und RICHTER (1987) durchgeführt. Der Linienbiotop der Panzersperren bei Aachen zeigt nach den Untersuchungen von RICHTER (1987) auf



Abb. 10: Ehemalige innerdeutsche Grenze auf dem Kleinen Fallstein (Harzvorland).

Abb. 11: *Bunias orientalis* L. am Meuse-Kanal in Lothringen.



einer Breite von etwa 12 m einen kleinräumigen Wechsel zwischen Baumbeständen, Gebüsch und ruderalen Staudenfluren und weist damit ein günstiges Nahrungspotential für Tiere auf. Hervorgehoben wurde seine Bedeutung für die Biotopvernetzung in gehölzarmen Agrarlandschaften, wobei die botanische Bedeutung als Refugium oder Wanderweg jedoch eher gering sein dürfte, wie auch ein Blick in die Artenlisten zeigt.

7. Kanäle

Zahlreiche Ströme sind auf dem europäischen Festland durch schiffbare Kanäle miteinander verbunden, insbesondere in den Niederlanden, in Deutschland und in Frankreich. Neben eigentlichen Kanälen sind hier auch die „kanalisierten“ Abschnitte z. B. von Main, Mosel, Neckar und Weser in Deutschland zu nennen, ebenso wie etwa die obere Elbe in der Tschechischen Republik. Die Kanäle verbinden letztlich Atlantik, Nordsee, Ostsee, Mittelmeer, Schwarzes Meer und sogar Kaspisches Meer miteinander.

Trotz ihrer potentiellen Bedeutung als Wanderwege für Pflanzenarten wurden Kanäle aus botanischer Sicht bisher nur vereinzelt bearbeitet. Nur selten ist die Ausbreitung von Pflanzenarten entlang von Kanälen so offensichtlich wie bei *Angelica archangelica*, *Bunias orientalis* (Abb. 11) und *Bidens frondosa*. Die Bedeutung der Binnenschifffahrt für die Ausbreitung von Pflanzenarten überhaupt wurde von MATTHIES (1925), der die „Bedeutung der Eisenbahnen und der Schifffahrt für die Pflanzenverbreitung in Mecklenburg“ untersuchte, für sehr gering gehalten. Als einziges Beispiel führte er *Bidens connata* an, die sich in Mecklenburg nur an schiffbaren Gewässern fand. Die meisten Kanäle stellen jedoch zumindest auf den ersten Blick keinen attraktiven Untersuchungsgegenstand dar, so daß kaum Verallgemeinerungen aus den wenigen Untersuchungen am Rhein-Main-Donau-Kanal (ASMUS 1988), am Mittellandkanal sowie am Elbe-Seitenkanal (SCHWERTFEGER 1992) möglich sind.

7.1 Fallbeispiel Mittellandkanal

Der in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erbaute Mittellandkanal verbindet das westdeutsche Wasserstraßennetz mit Weser und Elbe. Von der Wasserbewegung her muß der Mittellandkanal zu den Stillgewässern gezählt werden, aufgrund des starken Schiffverkehrs können sich in ihm jedoch nur einige widerstandsfähige Wasserpflanzen behaupten (GRIESE 1989; GRABOW 1994). Nur auf Steinschüttungen konnten sich mehr oder minder fragmentarische Röhrichte entwickeln. Als Lebensraum für Röhricht und Wasserpflanzenvegetation spielt der Kanal daher keine Rolle. Infolge des weitgehenden Ausbaus mit Spundwänden konnten im niedersächsischen Abschnitt des Mittellandkanals nur wenige Pflanzenarten (*Angelica archangelica*, *Bidens frondosa*) entlang des Ufers wandern. Anders stellt sich die Situation aus zoologischer Sicht dar: Insbesondere Mollusken konnten sich entlang des Kanals ausbreiten (BOETTGER 1950; GRABOW 1994), wobei als Transportvehikel neben Schiffen auch Vögel oder eingesetzte Fische in Frage kommen.

Interessante Vegetation konnte sich an den Böschungen nur dort entwickeln, wo schutzwürdige Biotope bzw. Landschaften durchschnitten werden. Dies ist der Fall im Bereich des Drömlings, wo sich an den Kanalböschungen z. B. üppige Vorkommen der Stromtalpflanze *Sonchus palustris* finden.

7.2 Fallbeispiel Elbe-Seitenkanal

SCHWERTFEGER (1992) untersuchte die Uferflora des Anfang der 70er Jahre gebauten Elbe-Seitenkanals, der auf einer Länge von 115 km die Elbe zwischen Geesthacht und Lauenburg mit dem Mittellandkanal zwischen Braunschweig und Wolfsburg verbindet. Der untere Böschungsbereich ist bis 1 m über dem Kanalwasserspiegel durch eine mit Asphalt ver-

gossene Steinlage befestigt. Letztere sollte durch den Asphaltverguß vegetationsfrei gehalten werden; etwa 15 Jahre später hatten sich dann doch auf einem Abschnitt von 12,3 km Länge bereits 68 Pionierarten etabliert und die Asphaltdecke durchwachsen. Nur 11 von ihnen (16,2 %) waren Therophyten; Arten der *Bidentetea* fehlten völlig. Neophyten fehlten bis auf *Conyza canadensis* und *Solidago gigantea* ebenso. Auch *Phragmitetea*-Arten spielten nur eine untergeordnete Rolle. Fast ein Fünftel der Arten (19,1 %) sind Gehölze, wobei *Betula pendula*, *Frangula alnus*, *Salix aurita*, *Salix purpurea* und *Sorbus aucuparia* die häufigsten sind. Über die Verteilung der Arten gibt Tab. 6 Aufschluß. Kanalabschnitte in Ortslagen weisen deutlich größere Artenzahlen auf; nur dort fanden sich Neophyten, was auf die Siedlungen als Diasporenquellen hinweist. Die geringste Artenzahl fand sich in einseitiger Waldrandlage (Abschnitt 5).

Tab. 6: Artenzahlen spontan in der Steinschüttung des Elbe-Seitenkanals im Bereich der Samtgemeinde Bodenteich vorkommender Gefäßpflanzen (verändert nach SCHWERTFEGER 1992).

Nummer des Abschnitts	1	2	3	4	5
Länge [km]	5	1	1	1,5	3,8
Angrenzende Nutzung	A	S	A	S	W/A
Artenzahl Σ 68	35	49	25	47	19

A = Acker S = Siedlung W = Wald

Bei Begrünungsmaßnahmen der Böschungen wurden an Mittellandkanal und Elbe-Seitenkanal florenfremde Arten wie *Eragrostis curvula*, *Eragrostis tef*, *Lathyrus hirsuta* und *Lathyrus nissolia* eingeschleppt. Eingehende Untersuchungen über die Böschungsvegetation stehen jedoch noch aus.

7.3 Fallbeispiel Rhein-Main-Donau-Kanal

ASMUS (1988) untersuchte die Vegetation der Böschungen des Rhein-Main-Donau-Kanals gut 10 Jahre nach dessen Bau. In der mit Asphalt ausgegossenen Schüttsteinlage am Ufer fanden sich neben *Phragmiton*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten nur wenige *Bidentetalia*-Sippen. Auch hier spielen Neophyten im eigentlichen Uferbereich wie schon beim Elbe-Seitenkanal keine Rolle. Landeinwärts schließt sich eine „Therophytenflur“ auf grobem Sand an, in der sich auch einige zweijährige Arten etablieren konnten. Die Vegetation der angrenzenden Böschungsbereiche ist je nach Pflegemaßnahme überwiegend rasen- bzw. wiesenartig. Zusammenhänge zwischen Einsaatmischung und realer Vegetation sind eher gering, häufig stellen „die landespflegerischen Maßnahmen nur eine zusätzliche Verzögerung der sich dort entwickelnden Spontanvegetation dar“ (ASMUS 1988).

Alte und nicht mehr genutzte Kanäle können Lebensräume für eine vielfältige Pflanzen- und Tierwelt bieten, wie BOSER (1994) am Beispiel des Ludwig-Donau-Main-Kanals zeigen konnte. Wegen der Steilheit der Kanalufer erfolgt die Vegetationszonierung in der Vertikalen allerdings auf engstem Raum.

7.4 Häfen

Häfen gelten ebenso wie Bahnhöfe als Einfallstore und Ausbreitungszentren fremder Pflanzensippen, weshalb die 10 niedersächsischen Kanalhäfen untersucht wurden (BRANDES 1989a). Als Ergebnisse seien festgehalten:

1. Die Häfen weisen eine reiche Adventivflora auf: insgesamt wurden bislang 487 Gefäßpflanzen gefunden. Der Adventivenanteil beträgt 53 %, derjenige der Neophyten allein 33,7 %.

2. Die Vegetationsdecke der meisten Häfen ist infolge von Substrat, Nutzung und Unkrautbekämpfung sehr schütter und besteht v. a. aus Gesellschaftsfragmenten von *Sisymbrium*, *Salsolion*, *Dauco-Melilotion* und *Convolvulo-Agropyron*.
3. Zwischen der Größe eines Hafens und seiner Artenzahl besteht kein direkter Zusammenhang. Eine artenreiche Adventivflora wird vor allem durch den Umschlag landwirtschaftlicher Produkte wie Futtermittel, Ölsaaten und Getreide bedingt.
4. Die Ähnlichkeit zwischen dem Artenbestand verschiedener Häfen ist deswegen nicht eine Funktion ihrer Entfernung, sondern der umgeschlagenen Güter.
5. Binnenhäfen sind als Habitatsinseln zu betrachten, sie spielen nur eine sehr geringe Rolle für die Ausbreitung von Pflanzenarten entlang der Kanäle, entsprechendes gilt auch für Flußhäfen. Die Ausbreitung der Adventiven erfolgt – wenn überhaupt – auf dem Landwege. Ein gesichertes Beispiel hierfür stellt in Niedersachsen *Senecio inaequidens* dar.

8. Zusammenfassung

In der intensiv genutzten Agrarlandschaft sind viele an sich häufige Arten heute auf lineare Strukturen wie Eisenbahndämme oder Straßenränder beschränkt. Gebietsweise haben lineare Strukturen (vorübergehend ?) eine wichtige Funktion für die Erhaltung der lokalen Artenvielfalt. Lineare Strukturen von hohem Alter können schutzwürdige Wuchsorte auch für seltene und wenig bewegliche Arten darstellen; sie sind jedoch keinerlei Ersatz für naturnähere Ökosysteme, zumal sie in der Regel selbst gefährdet sind.

Verkehrswege tragen zur Ausbreitung von Pflanzenarten insbesondere bei ihrer Anlage bei, da die heutigen technischen Möglichkeiten Erdbewegungen in ungeahntem Ausmaß ermöglichen. Außer auf rypochorem Wege kann die Ausbreitung agestochor bzw. anemoagestochor erfolgen. Eine Wanderung direkt entlang der Struktur ist nur dann möglich, wenn zusätzlich Etablierungsmöglichkeiten zumindestens für Pionierpflanzen gegeben sind. Dies setzt eine offene bzw. lückige Vegetationsdecke voraus.

Aus geobotanischer Sicht ist die vernetzende Funktion von linearen Strukturen als gering einzustufen, insbesondere was die angrenzenden Ökosysteme anbetrifft. Straßenränder vernetzen zunächst einmal nur Straßenränder, nicht mehr, aber auch nicht weniger.

Forschungsbedarf besteht in folgenden Bereichen:

- Einfluß des Alters von linearen Strukturen auf den Artenbestand;
- Überlebensfähigkeit von Populationen gefährdeter Pflanzenarten;
- Randeffekte im Hinblick auf das ungünstige Verhältnis Umfang : Fläche;
- Experimentelle Untersuchung von Ausbreitungsphänomenen;
- Bedeutung der linearen Strukturen für die Vegetation anderer Erdteile.

Damit ist der Forschungsgegenstand „lineare Strukturen“ jedoch keineswegs abschließend bearbeitet, denn durch Neuerungen in der Verkehrstechnik werden sich Standortbedingungen und damit auch Artenkombinationen rasch ändern.

9. Literatur

- ASMUS, U. (1988): Das floristische Gefälle der neugeschaffenen Böschungen des Rhein-Main-Donau-Kanals. – *Tuexenia* **8**: 247-261.
- BENJES, H. (1986): Die Vernetzung von Lebensräumen mit Feldhecken. – München. 134 S.
- BENNETT, A. (1991): What types of organism will use corridors? – In: SAUNDERS, D.A. & HOBBS, R.J. (eds.) (1991): The role of corridors. – Chipping Norton, NSW. S. 407-408. (*Nature Conservation*, **2**).

- BERG, C. & MAHN, E.-G. (1990): Anthropogene Vegetationsveränderungen der Straßenrandvegetation in den letzten 30 Jahren – die Glatthaferwiesen des Raumes Halle/Saale. – *Tuexenia* **10**: 185-195.
- BOETTGER, C.R. (1950): Faunistische Neuerscheinungen im Mittellandkanal nördlich Braunschweigs. – *Beitr. Naturk. Niedersachsens* **3**: 116-124.
- BOSER, V. (1994): Vegetationskundliche Studien am Ludwig-Donau-Main-Kanal zwischen Nürnberg und Dietfurt. – *Hoppea* **55**: 319-353.
- BRANDES, D. (1982): Das *Atriplicetum nitentis* Knapp 1945 in Mitteleuropa insbesondere in Südost-Niedersachsen. – *Doc. Phytosoc. N.S.* **6**: 131-153.
- BRANDES, D. (1983): Flora und Vegetation der Bahnhöfe Mitteleuropas. – *Phytocoenologia* **11**: 31-115.
- BRANDES, D. (1985): Zur Verbreitung und Soziologie von *Salvia nemorosa* L. in Mitteleuropa. – *Gött. Flor. Rundbr.* **19**: 29-34.
- BRANDES, D. (1987): Zur Ruderal- und Saumvegetation des Luxemburger Gutlandes. – *Decheniana* **140**: 1-10.
- BRANDES, D. (1989a): Flora und Vegetation niedersächsischer Binnenhäfen. – *Braunschw. naturk. Schr.* **3**: 305-334.
- BRANDES, D. (1989b): Die Siedlungs- und Ruderalvegetation der Wachau (Österreich). – *Tuexenia* **9**: 183-197.
- BRANDES, D. (1991a): Die Ruderalvegetation der Altmark im Jahre 1990. – *Tuexenia* **11**: 109-120.
- BRANDES, D. (1991b): Untersuchungen zur Ökologie und Soziologie von *Sisymbrium strictissimum* in Mitteleuropa. – *Tuexenia* **11**: 35-48.
- BRANDES, D. (1992): Flora und Vegetation von Stadtmauern. – *Tuexenia* **12**: 315-339.
- BRANDES, D. (1993): Eisenbahnanlagen als Untersuchungsgegenstand der Geobotanik. – *Tuexenia* **13**: 415-444.
- BRANDES, D. & OPPERMANN, F.W. (1994): Die Uferflora der oberen Weser. – *Braunschw. naturk. Schr.* **4**: 575-607.
- BRAUN, A. (1986): Ökologische Funktion der Westwall-Bunkerruinen. – *Mitt. d. Badischen Landesver. f. Naturkunde u. Naturschutz. N.F.* **14** (1): 207-229.
- DOMIN, K. (1931): Geobotanická exkurse na Vysokou v Malých Karpatech. – *Rozpr. 2. Tř. Čes. Akad.* **41**: 1-13. [Zit. nach KOPECKÝ 1988]
- ELLENBERG, H., MÖLLER, K. & STOTTELE, T. (1981): Straßenökologie. Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. – In: *Ökologie und Straße* **3**: 19-116.
- ELLENBERG, H. & STOTTELE, T. (1984): Möglichkeiten und Grenzen der Sukzessionslenkung im Rahmen straßenbegleitender Vegetationsflächen. – *Forsch. Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik* **459**: 67 S.
- FISCHER, A. (1982): Hohlwege im Kaiserstuhl. – *Natur u. Landschaft* **57**: 115-119.
- GARVE, E. (1994): Atlas der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. T.1.2. – *Naturschutz u. Landschaftspflege in Niedersachsen* **30**: 1-897.
- GRABOW, K. (1994): Die Mollusken des Salzgitter-Stichkanals (Mittellandkanal bei Braunschweig, Niedersachsen). – *Braunschw. naturk. Schr.* **4**: 485-496.
- GRIESE, D. (1989): Die seltenen und verschollenen Gefäßpflanzen des Stadtgebietes von Wolfsburg – eine floristische Zwischenbilanz. – *Braunschw. naturk. Schr.* **3**: 335-354.
- HANSEN, K. & JENSEN, J. (1972): The vegetation on roadsides in Denmark. – *Dansk Botanisk Arkiv* **28** (2): 1-61.
- HEINRICH, W., KAISER, R., HAUPT, R., WESTHUS, W. & DEGENHARDT, U. (1994): Wertvolle Bäume und Alleen in Thüringen. – *Landschaftspflege u. Naturschutz in Thüringen* **31**, SoH.: 28 S.
- HERDAM, H. (1993): Neue Flora von Halberstadt. – *Quedlinburg*. 385 S.
- HERDAM, H. (1994): Neufunde und Nachträge zu HERDAM et al.: Neue Flora von Halberstadt. – *Mitt. Botan. Arb. kr. Nordharz* **1/1994**: 1-49.
- HOLLER (1883): Die Eisenbahn als Verbreitungsmittel von Pflanzen, beleuchtet an Funden aus der Flora von Augsburg. – *Flora* **68**: 197-205.
- ILLIG, W. (1985): Zur Verbreitung der Langblättrigen Melde, *Atriplex oblongifolia* W. et K. im nördlichen Harzvorland. – *Mitt. Flor. Kart. Halle* **11**: 18-23.
- JANSSEN, C. (1992): Flora und Vegetation von Halbtrockenrasen (*Festuco-Brometea*) im nördlichen

- Harzvorland Niedersachsens unter besonderer Berücksichtigung ihrer Isolierung in der Agrarlandschaft. – Braunschweiger Geobot. Arb. **2**: II, 216 S.
- JEDICKE, E. (1990): Biotopverbund. – Stuttgart. 254 S.
- KAULE, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. – 2. Aufl. – Stuttgart. 519 S.
- KAÜSCH, W. & HEIL, H. (1965): Der Bahndamm als Modell für mikroklimatisch bedingte Vegetationsunterschiede auf kleinstem Raum. – Naturwiss. **52**: 351.
- KLEIN, A. (1980): Die Vegetation an Nationalstraßenböschungen der Nordschweiz und ihre Eignung für den Naturschutz. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel **72**: 75 S.
- KLEIN, A. (1982): Vergleich der Vegetation an Eisenbahn- und Nationalstraßenböschungen im Kanton Baselland. – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel **49**: 118-126.
- KLEYER, M. (1991): Die Vegetation linienförmiger Kleinstrukturen in Beziehung zur landwirtschaftlichen Produktionsintensität. – Diss. Bot. **169**: 242 S.
- KOPECKÝ, K. (1978a): Die Bedeutung der Straßenränder als Wanderwege der Ackerunkräuter am Beispiel des Orlické hory-Gebirges und seines Vorlandes (tsch.). – Preslia **50**: 49-64.
- KOPECKÝ, K. (1978b): Die straßenbegleitenden Rasengesellschaften im Gebirge Orlické hory und seinem Vorlande. – Praha. 258 S. (Vegetace ČSSR, A 10.)
- KOPECKÝ, K. (1988a): Einfluß der Straßen auf die Synanthropisierung der Flora und Vegetation nach Beobachtungen in der Tschechoslowakei. – Folia Geobot. Phytotax. **23**: 145-171.
- KOPECKÝ, K. & HEJNÝ, S. (1978): Die Anwendung einer deduktiven Methode syntaxonomischer Klassifikation bei der Bearbeitung der straßenbegleitenden Pflanzengesellschaften Nordostböhmens. – Vegetatio **36**: 43-51.
- KOSTER, A. (1984): Verspreiding en betekenis van de Nederlandse spoorwegflora.- Ministerie van Landbouw en Visserij: Adviesgroep Vegetatiebeheer, Notitie **4**: 293 S.
- KOSTER, A. (1987): De flora van de Nederlandse spoorwegen. – Ministerie van Landbouw en Visserij: Adviesgroep Vegetatiebeheer, Notitie **14**: 292 S.
- KOWARIK, I. (1987): Von Steppenhexen und anderen Bahnreisenden. – In: Die Reise nach Berlin. Berlin. S. 327-331.
- KOWARIK, I. & BÖCKER, R. (1984): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaumes (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in Mitteleuropa. – Tuexenia **4**: 9-29.
- KRAUSE, A. (1982): Straßenbegleitgrün, eine Chance für Flora und Vegetation in Händen der Straßenmeistereien. – Natur u. Landschaft **57**: 57-61.
- KUNICK, W. (1984): Verbreitungskarten von Wildpflanzen als Bestandteil der Stadtbiotopkartierung, dargestellt am Beispiel Köln. – Verh. Ges. Ökologie **12**: 269-275 (1984).
- LOHMEYER, W. (1961): Die pflanzensoziologische Karte als Grundlage für Bepflanzung und Ansaat im Straßenbau. – Angew. Pflanzensoziologie **17**: 29-31.
- LOHMEYER, W. (1968): Über die Ansaat niedrigbleibender Rasen an Straßen und Autobahnen. – Deutscher Rat f. Landespflege **9**: 24-25.
- LOOS, G.H. (1994): Untersuchungen zur Taxonomie, Ökologie und Soziologie der *Poa pratensis*-Gruppe. I. Viatische Linienmigration bei *Poa humilis* Ehrh. ex Hoffm. – Tuexenia **14**: 403-414.
- MADER, H.-J. (1990): Die Isolation von Tier- und Pflanzenpopulationen als Aspekt einer europäischen Naturschutzstrategie. – Natur u. Landschaft **65**: 9-12.
- MATTHIES, H. (1925): Die Bedeutung der Eisenbahnen und Schifffahrt für die Pflanzenverbreitung in Mecklenburg. – Sonderdruck aus: Archiv d. Freunde d. Naturgeschichte Mecklenburgs **25**: 4-73.
- MEDERAKE, R. (1991): Vegetationsentwicklung und Standortbedingungen von Straßenbegleitflächen bei unterschiedlicher Pflege. – Diss. Univ. Göttingen. 371. S.
- MILBRADT, J. (1994): Pflanzensoziologische Untersuchungen an einer Heckenverpflanzung in der Mittleren Frankenalb. – Hoppea **55**: 415-425.
- MOHR, I. (1987): Zur Schutzwürdigkeit einer stillgelegten Bahntrasse im Hintertaunus. – Vogel u. Umwelt **4**: 281-301.
- PANETTA, F.D. & HOPKINS, A.J.M. (1991): Weeds in corridors: invasion and management. – In: SAUNDERS, D.A. & HOBBS, R.J. (eds.) (1991): The role of corridors. – Chipping Norton, NSW. S. 341-351. (Nature Conservation, **2**).

- PERRING, F.H. (1969): The botanical importance of roadside verges. – In: Road verges, their function and management. Symposium proc., S. 4-7. Monkswood Experimental Station. Huntingdon.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Stuttgart. 427 S.
- PREISING, E. (1940): Über die Aufstellung von Rasenmischungen nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten unter besonderer Berücksichtigung der Reichsautobahnen. – Inaug. Diss. Berlin.
- PREISING, E. (1961): Die Bedeutung der Pflanzungen an Straßen, Eisenbahnen und Kanälen für die Landschaft. – Angew. Pflanzensoziologie **17**: 32-35.
- RAABE, U. & BRANDES, D. (1988): Flora und Vegetation der Dörfer im nördlichen Burgenland. – Phytocoenologia **16**: 225-258.
- RÄUKER A. (1961): Aufgaben und organisatorische Grundlagen des Vegetationsbaus bei der Deutschen Bundesbahn (DB). – Angew. Pflanzensoziologie **17**: 36-40.
- RICHTER, M. (1987): Die Gehölzvegetation in den Linienbiotopen des Westwalls bei Aachen. – Tuexenia **7**: 411-426.
- RÜMLER, R. (1974): Zur Entwicklung von Rasenansaat und ihre Bedeutung für die ingenieurbio-logische Sicherung von Straßenböschungen. – Diss. TH Aachen. VI, 155 S.
- SAUNDERS, D.A. & HOBBS, R.J. (eds.) (1991): The role of corridors. – Chipping Norton, NSW. XII, 442 S. (Nature Conservation, 2).
- SCHNEDLER, W. & BÖNSEL, D. (1989): Die großwüchsigen Melde-Arten *Atriplex micrantha* C.A. MEYER in LEDERB. (= *A. heterosperma* BUNGE), *Atriplex sagittata* BORKH. (= *A. nitens* SCHKUHR = *A. acuminata* W. & K.) und *Atriplex oblongifolia* W. & K. an den hessischen Autobahnen im Sommer 1987. – Hess. Flor. Briefe **38**: 50-64.
- SCHWERTFEGER, G. (1992): Spontane Vegetation auf den Böschungen des Elbe-Seitenkanals im Bereich der Samtgemeinde Bodenteich. – Braun-Blanquetia **3**: 361-366.
- STOTTELE, T. & SCHMIDT, W. (1988): Flora und Vegetation an Straßen und Autobahnen der Bundesrepublik Deutschland. – Forsch. Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik **529**: 191 S.
- STOTTELE, T. & SOLLMANN, A. (1992): Ökologisch orientierte Grünpflege an Straßen. – Schriftenr. d. Hessischen Landesamtes für Straßenbau **32**: 286 S.
- SYKORA, K.V., NIS, L.J. DE & PELSMA, T.A.H.M. (1993): Plantengemeenschappen van Nederlandse wegbermen. – Utrecht. 280 S. (Natuurhistorische Bibliotheek van de KNNV **59**).
- TRAUTMANN, W. & LOHMEYER, W. (1975): Zur Entwicklung von Rasenansaat an Autobahnen. – Natur u. Landschaft **50**: 45-48.
- TÜXEN, R. (1961): Baum und Landschaft. – Angew. Pflanzensoziologie **17**: 71-177.
- ULLMANN, I. & HEINDL, B. (1986): „Ersatzbiotop Straßenrand“. Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basiphilen Trockenrasen an Straßenböschungen. – Berichte ANL **10**: 103-118.
- ULLMANN, I. & HEINDL, B. (1989): Geographical and ecological differentiation of roadside vegetation in temperate Europe. – Botanica Acta **102**: 261-269.
- ULLMANN, I., HEINDL, B., FLECKENSTEIN, M. & MENGLING, I. (1988): Die straßenbegleitende Vegetation des Mainfränkischen Wärmegebietes. – Berichte ANL **12**: 141-187.
- ULLMANN, I., HEINDL, B. & SCHUG, B. (1990): Naturräumliche Gliederung der Vegetation auf Straßenbegleitflächen im westlichen Unterfranken. – Tuexenia **10**: 197-222.
- WAY, J.M. (1969): Road verges – research on management for amenity and wildlife. – In: Road verges, their function and management. Symposium proc., S. 34-40. Monkswood Experimental Station. Huntingdon.
- WEGELIN, T. (1984): Schaffung artenreicher Magerrasen auf Straßenböschungen. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel **82**: 104 S.
- WESTHOFF, V. & ZONDERWIJK, P. (1960): The effect of herbicides on the wildflora and vegetation in the Netherlands. – IUCN-Symposium Warschau 15.-24.7.1960. Leiden. S. 69-78.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Dietmar Brandes, Dipl.-Biol. Friedrich Oppermann, Botanisches Institut und Botanischer Garten der TU Braunschweig, Arbeitsgruppe Geobotanik und Biologie höherer Pflanzen, Gaußstraße 7, D-38023 Braunschweig